

**PENGARUH PERFORMANSI PERPINDAHAN PANAS TERHADAP
KARAKTERISTIK CHAR PADA PROSES PIROLISIS LIMBAH DAUN CENGKEH**
*(The Effect Of Heat Transfer Performance On Char Characteristics In The Pyrolysis Process
Of Clove Leaf Waste)*

Rizka Yanti Ramli*, Ineke Indi Potu, Syamsuddin Yani, Darnengsih

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Jl. Urip Sumaharjo No.Km5
Panaikang, Panakukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231, Indonesia

Inti Sari

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh distribusi suhu terhadap tiga bagian (dasar, tengah, dan atas) di dalam reaktor pirolisis tanpa isolasi dan mengetahui pengaruh produk biochar yang dihasilkan dari tiga bagian (dasar, tengah, dan atas) di dalam reaktor tanpa isolasi. Metode yang digunakan untuk menghasilkan bahan bakar dari biomassa yaitu dengan metode pirolisis terhadap analisis proximate dan kalori. Dari hasil penelitian pembuatan bahan bakar char dengan pirolisis limbah daun cengkeh dapat disimpulkan bahwa diperoleh kualitas arang yang baik pada sampel yang memiliki kadar air pada zona atas (3,93%), pada zona atas memiliki kadar abu (5,63%) dengan suhu 250°C dan pada zona dasar memiliki zat terbang (18,78%) yang rendah dengan suhu 300°C, serta nilai karbon pada zona dasar (64,22%) dan nilai kalori pada zona atas (6702 cal/gr) yang tinggi dengan suhu 250°C, sehingga sangat baik digunakan sebagai bahan bakar alternatif

Kata Kunci: Biomassa, Daun Cengkeh, Pirolisis, Perpindahan panas

Key Words : Biomass, Clove Leaves, pyrolysis, Heat Transfere

Abstract

The purpose of this study was to determine the effect of temperature distribution on three sections (bottom, middle and top) in a pyrolysis reactor without isolation and to determine the effect of biochar products produced from three sections (bottom, middle and top) in a non-isolated reactor. The method used to produce fuel from biomass is the pyrolysis method for proximate and calorie analysis. From the results of research on making char fuel by pyrolysis of clove leaf waste, it can be concluded that good quality charcoal was obtained in samples that had a water content in the upper zone (3.93%), in the upper zone had ash content (5.63%) with a temperature 250oC and the bottom zone has low volatile matter (18.78%) at 300oC, and the carbon value in the bottom zone (64.22%) and high calorific value in the upper zone (6702 cal/gr) with a temperature of 250oC, so it is very well used as an alternative fuel

Published by
Department of Chemical Engineering
Faculty of Industrial Technology
Universitas Muslim Indonesia, Makassar

Address
Jalan Urip Sumohardjo km. 05 (Kampus 2 UMI)
Makassar- Sulawesi Selatan

Email :
jmpe@umi.ac.id

***Corresponding Author**
rizkayanti145@gmail.com



Journal History
Paper received : 30 Agustus 2023
Received in revised : 11 September 2023
Accepted :26 Oktober 2023

PENDAHULUAN

Cadangan bahan bakar fosil semakin hari mengalami penurunan karena tingginya permintaan pasar sehingga mengakibatkan tidak terpenuhinya kebutuhan terhadap bahan bakar fosil, dan juga berdampak terhadap lingkungan termasuk pencemaran udara dan pemanasan global. Dibutuhkan bahan bakar alternatif yang lebih murah dan ramah lingkungan. Salah satu bahan alternatif yang dapat digunakan sebagai bahan bakar terbarukan dan ramah lingkungan adalah biomassa daun cengkeh.

Kawasan Timur Indonesia merupakan salah satu penghasil rempah-rempah terbesar, salah satunya adalah tanaman cengkeh. Tanaman cengkeh merupakan tanaman rempah yang termasuk dalam sektor perkebunan yang mempunyai peranan yang cukup penting antara lain sebagai penyumbang pendapatan petani dan sebagai sarana untuk meningkatkan perekonomian wilayah dan pelestarian sumber daya alam. Itulah sebabnya Indonesia dikatakan sebagai Negara penghasil cengkeh terbesar di dunia. Bagian utama dari cengkeh yang bernilai komersial adalah bunganya yang sebagian besar digunakan dalam produksi rokok dan hanya sedikit digunakan dalam industri makanan. Tidak hanya bunga, daun dan tangkai tanaman cengkeh juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber minyak cengkeh yang digunakan dalam industri farmasi dan kosmetik.

Melihat potensi tersebut, maka biomassa dari daun cengkeh mempunyai potensi yang cukup besar untuk dimanfaatkan. Karena tanaman cengkeh yang paling banyak dimanfaatkan adalah bagian bunganya saja, sedangkan daun dan tangkainya masih sangat kurang dimanfaatkan. Oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut, salah satunya menjadikan limbah daun cengkeh menjadi bahan bakar bio char. Membuat daun cengkeh menjadi bio char dilakukan proses pirolisis. Teknologi pirolisis sangat berpotensi untuk dikembangkan karena ketersediaan sumber bahan biomassa yang sangat melimpah, teknologinya mudah untuk dikembangkan, bersifat ramah lingkungan dan menguntungkan secara ekonomi (Novita, dkk 2021).

Beberapa dari hasil penelitian terdahulu menggunakan proses pirolisis tetapi hanya menetapkan suhu tertentu saja, seperti 300°C dan menganggap di bagian dasar reaktor pirolisis itu sama padahal dari *range* di dalam reaktor pirolisis itu berbeda. Dengan sumber panas yang berasal dari dasar dengan tingginya tumpukan bahan isian di dalam reaktor. Diduga bahwa akan terjadi perbedaan suhu yang cukup mencolok.

Penelitian ini diharapkan akan dapat menunjukkan pengaruh performansi perpindahan panas terhadap karakteristik char yang dihasilkan pada proses pirolisis limbah daun cengkeh di dalam reaktor pirolisis tanpa isolasi.

METODE PENELITIAN

Bahan baku biomassa yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah pertanian daun cengkeh yang diperoleh dari Kabupaten Luwu Timur, Kecamatan Tomoni, Provinsi Sulawesi Selatan. cengkeh

Alat yang digunakan adalah reaktor pirolisis berbentuk silinder dengan diameter 42 cm dan tinggi 55 cm tanpa isolasi. Dengan jarak tiap zona dari dasar reaktor, zona bawah, zona tengah dan zona atas secara berturut-turut adalah 12 cm, 24 cm dan 36 cm

Penelitian ini menggunakan dua variabel yaitu variabel tetap, dimana variabel ini terdapat jenis bahan, kecepatan pemanas dan variabel berubah menggunakan suhu 250°C dan 300°C.

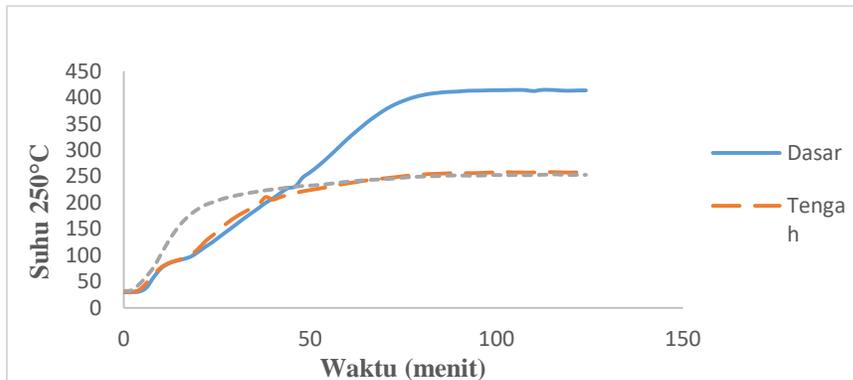
Persiapan bahan baku dimulai dengan mengumpulkan daun cengkeh kering yang jatuh di permukaan tanah, selanjutnya dilakukan pembersihan kotoran dari daun cengkeh dan dilanjutkan dengan pemotongan untuk menghasilkan biomassa limbah daun cengkeh kering yang seragam. Pemotongan sampel kurang lebih 2 cm.

Daun cengkeh kering di masukkan ke dalam zona bawah, tengah, dan atas di didalam reaktor sampai mencapai batas ketinggian yang telah ditentukan (36 cm) dari dasar reaktor, kemudian di panaskan di dalam reaktor pirolisis secara lambat dengan sumber panas pembakaran dari gas LPG hingga zona tengah mencapai suhu operasi 250°C dan 300°C dengan waktu tinggal 30 menit. Pengukuran suhu dilakukan setiap interval waktu 2 menit pada ketiga titik di dalam reaktor (bawah, tengah, dan atas) menggunakan tiga *thermos couple* yang terhubung dengan *thermostat* dengan ketinggian tiap zona 6 cm. Pencatatan suhu dilakukan setiap 2 menit di tiga titik pada masing-masing biomassa daun cengkeh.

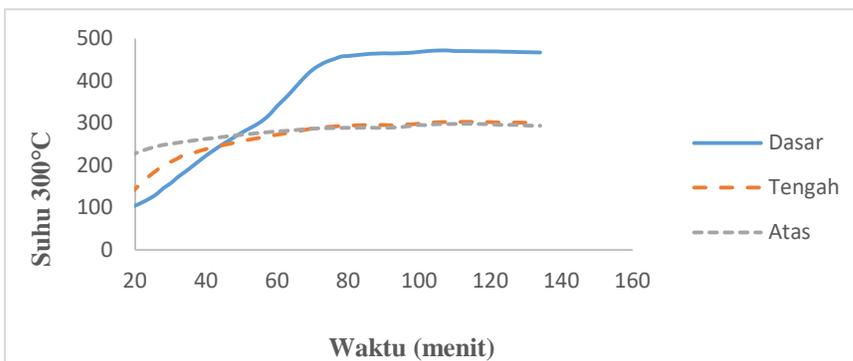
Untuk mengetahui karakteristik produk pirolisis dalam bentuk bio char dilakukan analisa *proximate* terdiri atas kandungan kadar air (*moisture content*), zat terbang (*volatile matter*), abu (*ash*), karbon terikat (*fixed carbon*) dan kalori.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan antara suhu dan waktu dapat dilihat pada gambar 1 Hubungan antara suhu dengan waktu pada suhu operasi 250°C dan gambar 2 Hubungan antara suhu dengan waktu pada suhu operasi 300°C.



Hubungan Antara Suhu dengan Waktu pada suhu 250°C pada ketiga Zona dalam Reaktor Pirolisis

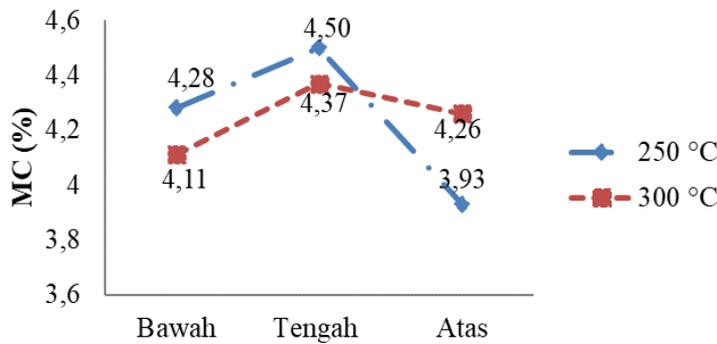


Hubungan Antara Suhu dengan Waktu pada Suhu Operasi 300°C pada Ketiga Zona dalam Reaktor Pirolisis.

Perpindahan kalor konduksi adalah perpindahan kalor yang merambat dari temperatur tinggi ke temperatur rendah pada benda baik benda padat, cair, maupun gas. Perpindahan kalor pada suatu medium terutama medium berukuran besar umumnya adalah 3 dimensi dan tergantung waktu (*time dependent*) atau dengan kata lain temperatur di setiap titik pada medium tergantung dari posisi dan waktu (Susastriawan dan Badrawada 2022). Temperatur pada zona dasar lebih tinggi dibandingkan dengan zona tengah dan atas dikarenakan zona dasar lebih dekat dengan sumber panas. Namun pada grafik 1 dan 2 menunjukkan bahwa zona atas lebih tinggi dibandingkan dengan zona tengah dan zona dasar, dikarenakan pada saat pirolisis terjadi proses penguapan dari bahan yang dipanaskan. Uap panas yang dihasilkan dari pemanasan memiliki massa jenis yang lebih rendah, sehingga cenderung bergerak keatas yang mengakibatkan panas tersebut menumpuk pada bagian atas reaktor menjadikan temperatur zona atas lebih tinggi. Setelah beberapa lama suhu yang terdapat pada ketiga zona tersebut kembali stabil dan temperatur zona dasar lebih tinggi dibandingkan dengan zona tengah dan atas. Temperatur zona tengah lebih tinggi dibandingkan dengan zona atas

A. Pengaruh Suhu terhadap Nilai *Moisture Content* pada Bagian Dasar, Tengah dan Atas Reaktor Pirolisis

Hasil Analisa Kandungan *Moisture Content* pada Suhu Operasi 250°C dan 300°C dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



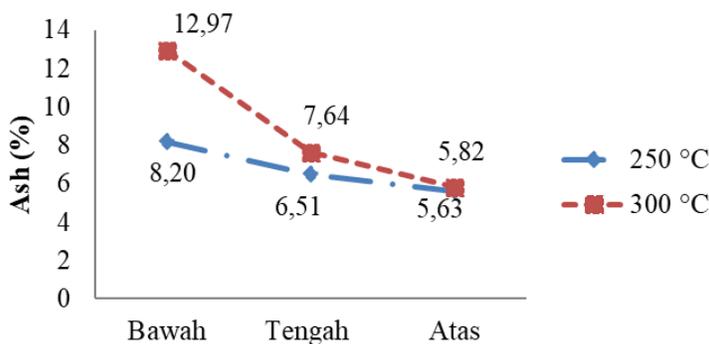
Hasil Analisa Kandungan *Moisture Content* pada Suhu Operasi 250°C dan 300°C pada Ketiga Zona dalam Reaktor Pirolisis

Kadar air pada arang perlu diketahui karena kadar air yang banyak pada arang akan mengakibatkan arang akan sangat sulit dinyalakan atau dengan kata lain akan sulit digunakan sebagai bahan bakar, dapat diketahui bahwa semakin tinggi suhu pirolisis nilai kadar air semakin kecil, dikarenakan pada suhu tinggi kandungan air pada bahan sudah terdekomposisi menjadi gas [3].

Biomassa Daun Cengkeh memiliki % kadar air yang tinggi, dapat menyebabkan proses pembakaran yang tidak sempurna akibat dari banyaknya air yang terkandung didalam arang apabila digunakan sebagai bahan bakar arang (*char*). Zona tengah memiliki nilai kadar air lebih tinggi dibandingkan dengan zona dasar dan atas dikarenakan kualitas arang menurun ketika penyimpanan karena pengaruh mikroba. Kadar air yang tinggi akan membuat arang sulit dinyalakan pada saat pembakaran dan akan banyak menghasilkan asap, selain itu akan mengurangi temperatur penyalaan dan daya pembakarannya. Disebabkan karena panas yang tersimpan dalam arang terlebih dahulu digunakan untuk mengeluarkan air yang ada sebelum kemudian menghasilkan panas yang dapat dipergunakan sebagai panas pembakaran. Zona dasar dan zona atas memiliki kadar air yang rendah akan meningkatkan efisiensi dan kinerja dan melancarkan keberlanjutan pembakaran. Terjadi proses pembakaran yang sempurna apabila digunakan sebagai bahan bakar arang (*char*), dapat diketahui bahwa Biomassa Daun Cengkeh memiliki % kadar air yang sangat rendah sehingga baik digunakan sebagai bahan bakar *char* (Mutmainnah, Ummu Fadillah, Nurjannah, dkk 2018).

B. Pengaruh Suhu terhadap Nilai ASH (Kadar Abu) pada Bagian Dasar, Tengah dan atas Reaktor Pirolisis

Hasil Analisa Kandungan ASH (Kadar Abu) pada Suhu Operasi 250°C dan 300°C dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Hasil Analisa Kandungan ASH (Kadar Abu) pada Suhu Operasi 250°C dan 300°C pada Ketiga Zona dalam Reaktor Pirolisis

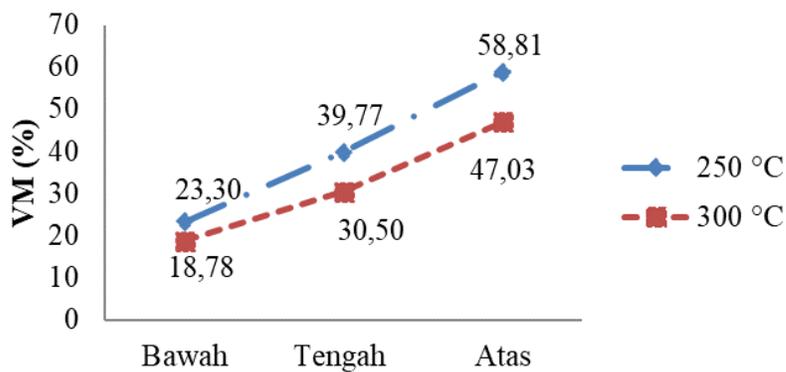
Kadar abu merupakan kandungan mineral dalam bahan bakar padat yang tidak dapat terbakar setelah proses pembakaran dan reaksi-reaksinya yang menyertainya selesai [3].

Biomassa Daun Cengkeh memiliki kadar abu yang tinggi, dapat menyebabkan proses pembakaran yang tidak sempurna karena semua bahan bakar akan menjadi abu apabila digunakan sebagai bahan bakar arang (*char*). Zona dasar memiliki nilai kadar abu lebih tinggi dibandingkan dengan zona tengah dan atas dikarenakan jumlah pengotor yang terkandung dalam bahan baku cukup tinggi dan menyebabkan kandungan mineral yang tertinggal dalam arang meningkat pada pengolahannya pembakaran akan menyisakan abu yang banyak akan sisa dari pembakaran. Zona tengah dan atas memiliki kadar abu yang rendah pada arang yang kemungkinan diakibatkan oleh kadar air yang rendah pada proses pembakaran tersebut. Semakin tinggi kadar abu maka semakin rendah kualitas arang karena kandungan abu yang tinggi dapat menurunkan nilai kalor arang sehingga kualitas arang tersebut turun. Terjadi proses pembakaran yang sempurna apabila digunakan sebagai bahan bakar arang (*char*).

Dapat diketahui bahwa Biomassa Daun Cengkeh memiliki kadar abu yang sangat rendah sehingga baik digunakan sebagai bahan bakar *char* (Mutmainnah, Ummu Fadillah, Nurjannah, dkk 2018)

C. Pengaruh Suhu terhadap Nilai *Volatile Matter* pada Bagian Dasar, Tengah dan Atas Reaktor Pirolisis

Hasil Analisa Kandungan *Volatile Matter* pada Suhu Operasi 250°C dan 300°C dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Hasil Analisa Kandungan *Volatile Matter* pada Suhu Operasi 250°C dan 300°C pada Ketiga Zona dalam Reaktor Pirolisis

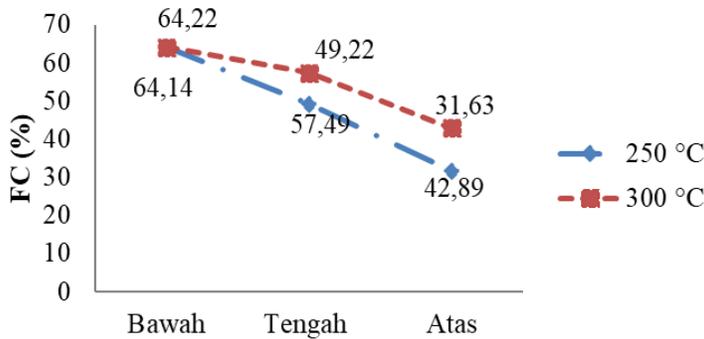
Kadar volatil bertujuan untuk mengetahui jumlah zat (*volatile matter*) yang dapat menguap sebagai hasil dekomposisi senyawa-senyawa yang masih terdapat di dalam arang selain air. Semakin tinggi suhu pirolisis kadar volatil arang cenderung akan semakin turun. Dikarenakan pada suhu tinggi bahan baku banyak yang terdekomposisi menjadi asap cair, sedangkan pada suhu rendah kandungan zat-zat volatil dalam bahan belum menguap secara sempurna [3].

Biomassa Daun Cengkeh memiliki nilai *volatile matter* yang tinggi, hal ini dapat menyebabkan pembakaran dengan nyala yang lama dan akan memberikan asap yang banyak apabila digunakan sebagai bahan bakar arang (*char*). Zona dasar memiliki nilai *volatile matter* lebih rendah dibandingkan dengan zona tengah dan atas dikarenakan kadar zat menguap pada arang disebabkan oleh kesempurnaan proses karbonisasi dan juga di pengaruhi oleh waktu dan suhu pada proses pembakaran. Semakin besar suhu dan waktu pembakaran maka semakin banyak zat menguap terbuang sehingga pada saat pengujian kadar sebagai bahan bakar arang (*char*).

Oleh karena itu, dapat diketahui bahwa Biomassa Daun Cengkeh dengan nilai *volatile matter* yang rendah sehingga baik digunakan sebagai bahan bakar *char* (Mutmainnah, Ummu Fadillah, Nurjannah, dkk 2018).

D. Pengaruh Suhu terhadap Nilai *Fixed Carbon* pada Bagian Dasar, Tengah dan Atas Reaktor Pirolisis

Hasil Analisa Kandungan *Fixed Carbon* pada Suhu Operasi 250°C dan 300°C dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Hasil Analisa Kandungan *Fixed Carbon* pada Suhu Operasi 250°C dan 300°C pada Ketiga Zona dalam Reaktor Pirolisis

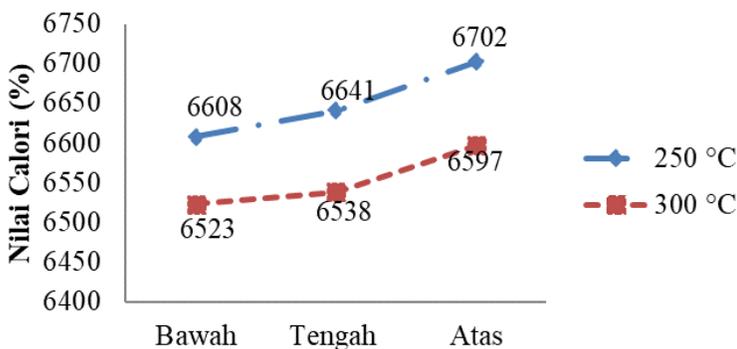
Kadar karbon terikat (*fixed carbon*) merupakan fraksi karbon (C) yang terikat di dalam arang selain fraksi abu, air, dan zat menguap. Kadar karbon akan bernilai tinggi apabila suhu, kadar abu, kalori dan kadar zat menguap arang rendah. Semakin tinggi suhu operasi maka kandungan *fixed carbon* akan semakin tinggi yang berarti nilai kalori juga akan semakin tinggi [3].

Biomassa Daun Cengkeh memiliki nilai *fixed carbon* yang rendah, sehingga pada proses pembakarannya akan menghasilkan banyak gas carbon apabila digunakan sebagai bahan bakar arang (char). Zona dasar memiliki nilai *fixed carbon* lebih tinggi dibandingkan dengan zona tengah dan atas dikarenakan pada proses pembakaran membutuhkan karbon yang bereaksi dengan oksigen untuk menghasilkan kalor. Kadar *fixed carbon* berpengaruh terhadap kualitas arang yang dihasilkan, semakin tinggi kadar *fixed carbon* maka semakin baik kualitas arang yang dihasilkan. Sehingga terjadi proses pembakaran yang sempurna dan menghasilkan sedikit gas apabila digunakan sebagai bahan bakar arang (char).

Dapat diketahui bahwa Biomassa Daun Cengkeh dengan nilai *fixed carbon* yang tinggi sehingga baik digunakan sebagai bahan bakar char (Mutmainnah, Ummu Fadillah, Nurjannah, dkk 2018).

E. Pengaruh Suhu terhadap Nilai Kalori pada Bagian Dasar, Tengah dan Atas Reaktor Pirolisis

Hasil Analisa Kandungan Kalori pada Suhu Operasi 250°C dan 300°C dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Hasil Analisa Kandungan Kalori pada Suhu Operasi 250°C dan 300°C pada Ketiga Zona dalam Reaktor Pirolisis

Nilai kalor merupakan parameter penting dari suatu bahan bakar untuk mengetahui panas pembakaran yang dapat dihasilkan oleh bahan bakar. Semakin tinggi nilai kalor bahan bakar maka kualitas bahan bakar tersebut akan semakin baik. Nilai kalor berbanding lurus dengan suhu pemanasan. Semakin tinggi suhu

pemanasan maka nilai kalor arang akan semakin tinggi begitu juga sebaliknya [3]. Tinggi rendahnya nilai kalor pada suatu bahan dipengaruhi oleh kandungan kadar air, kadar abu, dan kadar karbonnya (Asmunandar dkk., 2023).

Grafik 4.7 menunjukkan nilai kalori pada zona atas lebih tinggi jika dibandingkan dengan zona tengah dan dasar. Hal ini berlawanan dengan teori bahwa nilai kalori bahan yang dekat dengan sumber panas lebih tinggi dibandingkan dengan bahan yang jauh dari sumber panas. Dalam hal ini, penulis memberikan pendapat bahwa nilai kalor yang tinggi pada zona atas dikarenakan pada saat sebelum pirolisis bahan diisi penuh setinggi 36 cm, tetapi setelah pirolisis bahan mengalami penurunan volume menjadi ± 12 cm. Pada saat proses pirolisis penurunan ketinggian volume bahan tidak dapat diamati sehingga kontak antara termokopel dengan ketinggian bahan di dalam reaktor tidak dapat diamati secara langsung dan terjadi penurunan volume hingga mencapai zona dasar, sehingga suhu yang dibaca thermostat pada zona tengah dan atas merupakan suhu operasi di dalam reaktor. Suhu yang terbaca pada zona dasar adalah suhu bahan yang dipanaskan. Karena bahan pada zona tengah dan atas lama kelamaan menyusut sehingga bergabung dengan zona dasar dan menyebabkan kandungan kalori pada ketiga bahan yang telah dipisah tiap zona tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Tingginya nilai kalori pada zona atas daripada zona tengah dan dasar dimungkinkan terjadi karena adanya campuran bahan dari zona dasar dan tengah ke zona atas pada saat pengambilan biochar setelah proses pirolisis.

KESIMPULAN

Hari hasil penelitian pembuatan bahan bakar char dengan pirolisis limbah daun cengkeh dapat disimpulkan bahwa diperoleh kualitas arang yang baik pada sampel yang memiliki kadar air pada zona atas (3,93%), pada zona atas memiliki kadar abu (5,63%) dengan suhu 250°C dan pada zona dasar memiliki zat terbang (18,78%) yang rendah dengan suhu 300°C, serta nilai karbon pada zona dasar (64,22%) dan nilai kalori pada zona atas (6702 cal/gr) yang tinggi dengan suhu 250°C, sehingga sangat baik digunakan sebagai bahan bakar alternatif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada pembimbing kami Ir. Syamsuddin Yani, ST., MT., PhD., IPM., ASEAN Eng. dan Ir. Darnegsih, ST., MT., IPM. atas bantuannya yang berupa saran dan masukan. Kepada Universitas Muslim Indonesia yang telah mendanai penelitian ini melalui Hibah Penelitian Unggulan Fakultas LP2S UMI tahun 2022. Dan yang terkhusus kepada kedua orang tua kami tercinta yang telah memberikan dukungan dan dorongan yang tak tergoyahkan kepada kami.

Daftar Pustaka

- [1] A. Asmunandar, F. Goembira, S. Raharjo, dan R. Yuliarningsih, "Evaluasi Pengaruh Suhu dan Waktu Pirolisis Biochar Bambu Betung (*Dendrocalamus asper*)," vol. VIII, no. 1, pp. 4760–4771, 2023.
- [2] A. A. Sigit Mujiarto, Yuli Ristianingsih, "Biomassa Sebagai Bahan Bakar Yang Aplikatif Progam Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Banjarmasin," in *Limbah, Pirolisis Kosong, Tan*, 2014, pp. 4–6.
- [3] S. A. Novita, Santosa, Nofialdi, Andasuryani, dan A. Fudholi, "Parameter Operasional Pirolisis Biomassa," *J. agribisnis*, vol. 4, no. 1, pp. 53–67, 2021.
- [4] S. Y. Mutmainnah, Ummu Fadillah, Nurjannah, Muhammad Balfas, Mursalim Umar Gani, "Cengkeh Sebelum dan Sesudah Steam DestilasI," pp. 22–26, 2018.